

ОЦІНКА ФУНГІСТАТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ

біопрепаратів щодо основних збудників хвороб лохини високорослої (*Vaccinium corymbosum* L.)

Мета. Оцінка фунгістатичної активності препаратів ЛС-1, ВР (лактат срібла, 1 г/л по сріблу) та Мікосан, РК (лужний екстракт афілофорального гриба *Fomes fomentarius*, 30 г/л + глюкани, 6 г/л) щодо грибних патогенів родів *Neopestalotiopsis*, *Fusarium* і *Rhizoctonia* в умовах *in vitro*. Аналіз динаміки радіального росту міцелію з визначенням дозозалежного ефекту. **Методи.** Лабораторні. Для оцінки фунгістатичної дії препаратів ЛС-1, ВР та Мікосан, РК використовували метод «отруєного середовища». Досліджували ізоляти збудників, що належать до родів *Neopestalotiopsis*, *Fusarium* і *Rhizoctonia*, виділені з рослинного матеріалу лохини високорослої. **Результати.** Встановлено, що препарат ЛС-1, ВР (у концентраціях 0,25% та 0,5%) виявив низьку фунгістатичну дію, яка обмежувалася початковими етапами культивування (3—6-та доба). На 10-ту добу міцелій усіх патогенів повністю компенсував пригнічення. Біофунгіцид Мікосан, РК продемонстрував чітко виражений дозозалежний ефект. У концентрації 0,5% зафіксовано помірну фунгістатичну дію щодо всіх досліджуваних збудників, а у концентрації 5% він забезпечував повне інгібування росту міцелію впродовж усього періоду спостережень (10 діб), проявивши високу фунгіцидну активність. Найвищу чутливість до препарату Мікосан, РК виявлено у *R. solani*. Отримані результати підтверджують наявність різниці у фунгістатичній дії між препаратами: ЛС-1, ВР має слабку дію, тоді як Мікосан, РК демонструє виражений дозозалежний фунгістатичний та фунгіцидний ефект проти різних патогенів. **Висновки.** Препарат Мікосан, РК проявляє виражену дозозалежну дію. У концентрації 0,5% він забезпечує фунгістатичний ефект, що супроводжується істотним зниженням швидкості радіального росту та подовженням лаг-фази розвитку на 2—3 доби. У концентрації 5% встановлено фунгіцидний ефект щодо всіх досліджених збудників. Отрима-

***Д.С. ЗЛЕНКО,**
ORCID: 0009-0007-1450-5308
О.Г. АФАНАСЬЄВА,
кандидатка сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-2724-2080
Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, Київ,
03022, Україна
*E-mail: phytoppi@ukr.net

ні результати науково обґрунтовують доцільність використання препарату Мікосан, РК як перспективного засобу біологічного контролю грибних патогенів.

біопрепарати; фунгістатичний ефект; патогени; біологічний контроль; *Fusarium*; *Neopestalotiopsis*; *Rhizoctonia*

Лохина високоросла (*Vaccinium corymbosum* L.) є однією з найперспективніших ягідних культур сучасного світового та вітчизняного ягідництва, що зумовлено високою харчовою та біологічною цінністю плодів, стабільним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках та розширенням площ промислових насаджень [1, 2]. Разом із тим інтенсивне вирощування лохини супроводжується значним фітосанітарним навантаженням, пов'язаним з ураженням рослин комплексом грибних хвороб, які не тільки знижують врожай, а й погіршують його якість.

У країнах, де лохину вже давно вирощують нарівні з іншими плодово-ягідними культурами, сформувався комплекс спеціалізованих патогенів, що паразитують на ній. Ідентифіковано близько 70-ти видів грибів, що наносять значної шкоди культу-

рі лохини. Важливе місце займають фітопатогенні гриби родів *Fusarium* Link, *Neopestalotiopsis* Maharachch., K.D. Hyde & Crous та *Rhizoctonia* DC., які уражують кореневу систему, пагони та надземні органи рослин, спричиняючи кореневі гнилі, некрози, в'янення та відмирання пагонів [3, 4].

У сучасних системах вирощування лохини провідну роль у стримуванні розвитку грибних хвороб відіграють хімічні засоби захисту рослин, передусім — фунгіциди різних хімічних класів. У країнах Європейського Союзу та США в промислових насадженнях лохини широко застосовують препарати на основі стробілуринів, інгібіторів сукцинатдегідрогенази (SDHI), триазолів і комбінованих фунгіцидних сумішей [5—8]. За результатами моніторингових досліджень у плодах лохини нерідко виявляють залишки кількох діючих речовин водночас, переважно фунгіцидів та інсектицидів, що свідчить про інтенсивний хімічний захист культури [9, 10]. Така практика сприяє формуванню резистентних популяцій фітопатогенів, ускладнює експорт продукції та підвищує екологічні ризики.

Щоб зменшити залежність від хімічного втручання необхідний комплексний підхід контролю за хворобами зі збереженням або поліпшенням ефективності біологічних засобів захисту [11—14]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває пошук і наукове обґрунтування альтернативних, екологічно безпечних підходів до захисту лохини, зокрема — застосування біологічних препаратів із фунгістатичною та фунгіцидною активністю. Вивчення їхньої дії

щодо основних фітопатогенних грибів в умовах *in vitro* є необхідним етапом оцінювання біологічної ефективності, концентраційно-залежного ефекту та перспективності використання таких препаратів у системах інтегрованої захисту рослин [15–17].

Отримані результати щодо багатofакторного механізму дії мікробних агентів свідчать про те, що ефективність біологічних препаратів не обмежується лише прямим антагонізмом, а охоплює також регуляцію фізіологічних процесів рослини. Окрім фунгістатичного ефекту, багато біологічних агентів виявляють здатність стимулювати ріст рослин і покращувати функціонування ризосфери [17], що є особливо важливим для культур із чутливою кореневою системою, зокрема лохини.

Ураження грибами роду *Neopestalotiopsis* здебільшого проявляється у вигляді плямистостей бурого кольору на листках. Симптоми хвороби починаються з країв листової пластинки, де з'являються бурі плями, які поступово зливаються і згодом на них утворюються чорні краплини — спороложа гриба. Листки на ослаблених рослинах швидко засихають та опадають. Хвороба поширюється і на верхні молоді пагони, які буріють і всихають [18–20].

Симптоми фузаріозу в уражених рослин — це побуріння тканин, витончення стебла та пожовтіння листя. За значного ступеня ураження зростає ризик в'янення всієї рослини. Захворювання переважно поширюється осередками, а передача інфекції відбувається через ґрунт. Розвитку хвороби сприяє підвищена вологість ґрунту та повітря [18]. Після відмирання або опадання гілок міцелій гриба може зберігатися й розвиватися в рослинних рештках, забезпечуючи джерело інокулюму для наступного сезону [19, 20].

Гриби роду *Rhizoctonia* є поширеними ґрунтовими патогенами з широким спектром рослин-господарів. У системі вирощування лохини високорослої представники цього роду розгля-

даються як компоненти комплексу збудників корневих гнилей та уражень живців у розсадництві. Розвиток патогена призводить до загибелі живців до укорінення, розвитку кореневої гнилі, ослаблення та пригнічення росту рослин [3, 23, 24].

У межах концепції інтегрованого захисту рослин біологічні препарати розглядаються як інструмент зниження пестицидного навантаження та уповільнення розвитку резистентності [25]. Саме тому дослідження біологічної ефективності препаратів ЛС-1, ВР та Мікосан, РК проти грибів родів *Fusarium*, *Neopestalotiopsis* та *Rhizoctonia* є науково обґрунтованим і відповідає сучасним тенденціям екологізації систем захисту ягідних культур.

Мета дослідження — оцінка фунгістатичної активності препаратів ЛС-1, ВР (лактат срібла, 1 г/л по сріблу) та Мікосан, РК (лужний екстракт афілофорального гриба *Fomes fomentarius*, 30 г/л + глюкани, 6 г/л) щодо грибних патогенів родів *Neopestalotiopsis*, *Fusarium* і *Rhizoctonia* в умовах *in vitro*; аналіз динаміки радіального росту міцелію з визначенням дозозалежного ефекту.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження виконано на базі лабораторії фітопатології Інституту захисту рослин НААН. Польові експерименти проводили у двох локаціях: на території Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України та в сільськогосподарському виробничому кооперативі «Ягідки» (Київська обл., Бучанський р-н).

Зразки органів рослини (листя, гілки, плоди та ін.) закладали на агаризовані поживні середовища та вологу камеру з метою стимулювання спороношення фітопатогенних збудників та їхньої ідентифікації. Збудники хвороб виділяли за допомогою методів фітопатологічної експертизи рослинного матеріалу згідно з ДСТУ 4180-2003 Карантин рослин (6.2 Макроскопічний метод, 6.4 Біологічний метод, 7 Ідентифікація хвороб рослин).

Репрезентативні штами були ідентифіковані на рівні виду за допомогою секвенування ДНК. Геномну ДНК грибів вилучали з 5-денної культури, вирощеної на 2% агарі з солодовим екстрактом, за допомогою набору Phire Plant Direct PCR Kit (Thermo Fisher Scientific, Волтем, Массачусетс, США). Фрагмент внутрішнього транскрибованого спейсера (ITS) штамів ампліфікували за допомогою праймерів ITS1F та ITS4. ПЦР-ампліфікацію цього фрагмента проводили в режимі 98°C, 10 хв, 35 циклів, денатурація 98°C 35 с, відпалювання 60°C 20 с, елонгація 72°C 20 с та фінальна елонгація при 72°C впродовж 10 хв. Отримані послідовності перевіряли та порівнювали за допомогою програм Chromas та BioEdit. Видову приналежність визначали шляхом порівняння послідовності ДНК з базою даних NCBI за допомогою BLAST.

Підтверджено, що штами, на яких в подальшому проводили дослідження, належали до видів: *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, видового комплексу *Fusarium incarnatum-equiseti* (FIESC) та виду, тісно спорідненого з *Neopestalotiopsis chrysea* (Maharachch. & K.D. Hyde) Maharachch., K.D. Hyde & Crous.

Для дослідження використовували препарати ЛС-1, ВР та Мікосан, РК.

ЛС-1, ВР — це засіб для обробки об'єктів сільського господарства, який має антибактеріальну, бактерицидну та фунгістатичну дію.

Мікосан, РК — біофунгіцид та стимулятор росту на основі екстракту гриба-трутовика, призначений для захисту рослин від грибних, бактеріальних та вірусних хвороб.

Для оцінки фунгістатичної дії препаратів використовували метод вирощування культур на агаризованому середовищі із розчином фунгіциду (метод «отруєного середовища») [26]. Градієнт концентрацій препарату створювали за допомогою розведень. Для препарату ЛС-1, ВР використовували концентрації 0,25% і 0,5%, а для препарату Мікосан,

РК — 0,5% і 5,0%. Кількість повторностей — 8. Розчин фунгіциду вводили до розплавленого середовища при 40—50°C й збовтували. Враховували ефект взаємного зниження концентрацій як препарату, так і середовища. Живильне середовище з препаратом розливали у чашки Петрі діаметром 85 мм (по 20 мл). В якості контролю застосовували чашки Петрі з середовищем без додавання фунгіциду. Інокуляцію агарової пластини проводили через 16—20 год після розливання середовища. Частинку міцелію гриба наносили голкою у центр агарової пластини. Культури витримували в термостаті за температури 22—24°C.

Фунгістатичну дію препаратів оцінювали, підраховуючи швидкості росту колоній фітопатогенів і порівнюючи їх з контрольним варіантом без додавання препарату. Ефективність препарату оцінювали за спроможністю гальмувати ріст колонії гриба. Колонії грибів на всіх варіантах дослідів вимірювали в двох перпендикулярних один до одного напрямках й для кожної з них вираховували середній діаметр.

Гальмування росту колоній обчислювали за формулою [26]:

$$MGI = \frac{D_c - D_t}{D_c} \times 100,$$

де MGI — гальмування росту колонії, %; D_c — діаметр колонії в контролі, мм; D_t — діаметр колонії в досліді.

Швидкість радіального росту колоній розраховували за формулою:

$$V = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1} \times 100,$$

де r_1 і r_2 — радіуси колонії, мм; t_1 і t_2 — періоди часу, коли проводили вимірювання.

Результати та обговорення.

Для досліджень було відібрано ізоляти грибів *Rhizoctonia solani*, виду з роду *Neopestalotiopsis*, тісно спорідненого з *Neopestalotiopsis chrysea* (CRNC), а також видового комплексу *Fusarium incarnatum-equiseti* (FIESC). Для кожного з них були отримані мо-

ноізольати, які в подальшому були використані для пересіву на живильне середовище з додаванням препарату.

Дослідження з FIESC

Встановлено, що додавання препарату ЛС-1, ВР у концентраціях 0,25% та 0,5% до поживного середовища не спричинило істотного пригнічення міцеліального росту (рис. 1).

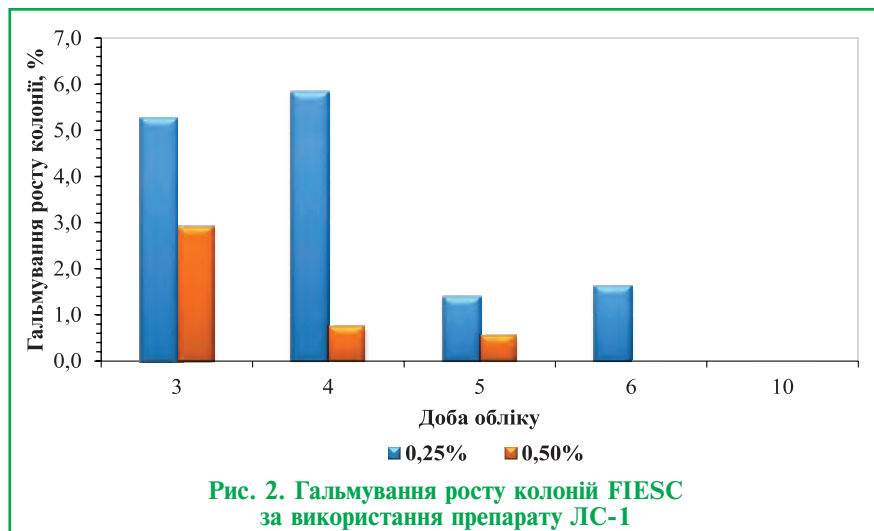
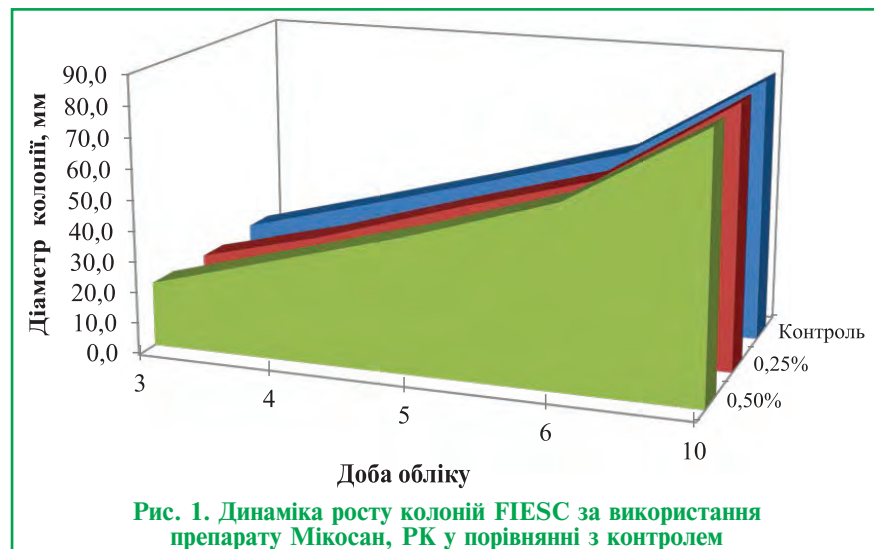
На початкових етапах культивування (3—4 доба) відзначалося незначне зниження діаметра колонії (до 5,8%), однак у подальшому різниця між дослідними та контрольним варіантами нівелювалася (рис. 2). На 10-ту добу ріст колоній у всіх варіантах досяг однакового значення (85 мм — повний діаметр чашки), що свідчить про відсутність пролонгованої фунгістатичної дії препарату (рис. 3).

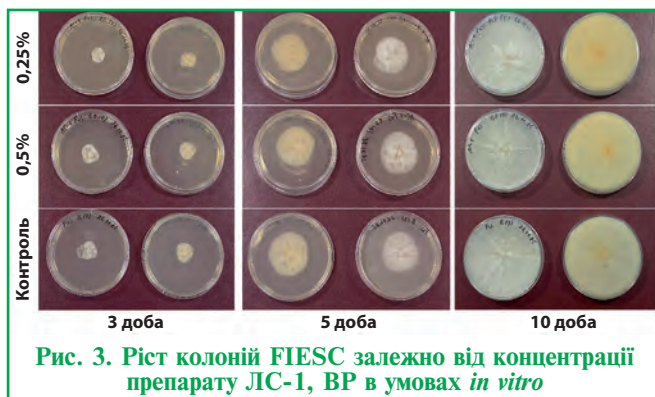
Середня швидкість радіального росту колоній у дослідних варіантах (9,17—9,24 мм/добу) була співставною з контролем (9,09 мм/добу), що підтверджує відсутність залежності ефекту від дози.

У процесі визначення ефективності препарату Мікосан, РК проти FIESC в умовах *in vitro* встановлено чітко виражений дозозалежний фунгістатичний ефект.

Внесення препарату у концентрації 0,5% спричиняло помірне, але статистично достовірне зниження розміру колоній у період 3—6 діб культивування. Зменшення діаметра колонії становило в середньому 1,5—2,4 мм у порівнянні з контролем (рис. 4).

Найбільш виражений ефект спостерігався при концентрації 5%, за якої ріст міцелію був повністю пригнічений впродовж





усього періоду спостережень (рис. 5). Статистичний аналіз підтвердив достовірні відмінності між варіантами. Одержані результати свідчать про сильну інгібуючу дію препарату Мікосан, РК у підвищеній концентрації та наявність чіткої залежності «доза — ефект».

У дослідах з препаратами ЛС-1, ВР та Мікосан, РК контрольні колонії характеризувалися інтенсивним радіальним ростом у період 3—6 діб з подальшим досягненням максимального діаметра (85 мм) на 10-ту добу, що

відповідає повному заповненню чашки Петрі (рис. 3, 6).

Внесення препарату ЛС-1, ВР у концентраціях 0,25% та 0,5% не призводило до істотного пригнічення росту міцелію. Графічний аналіз показує незначне відставання від контролю у 3—4-ту добу (1—2 мм) й повне вирівнювання показників на 10-ту добу за відсутності накопичувального ефекту.

Криві росту практично накладаються, що свідчить про відсутність дозозалежної реакції. Таким чином, препарат ЛС-1,

ВР не проявив вираженої фунгістатичної активності проти *Fusarium incarnatum-equiseti* за умов експерименту.

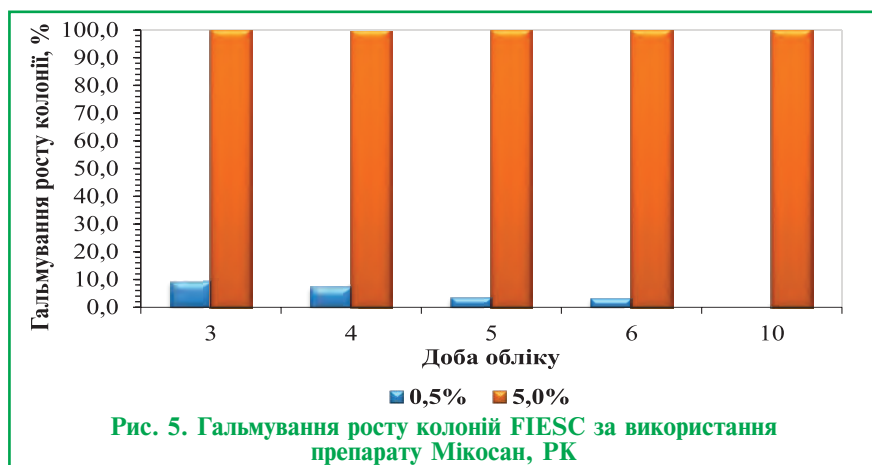
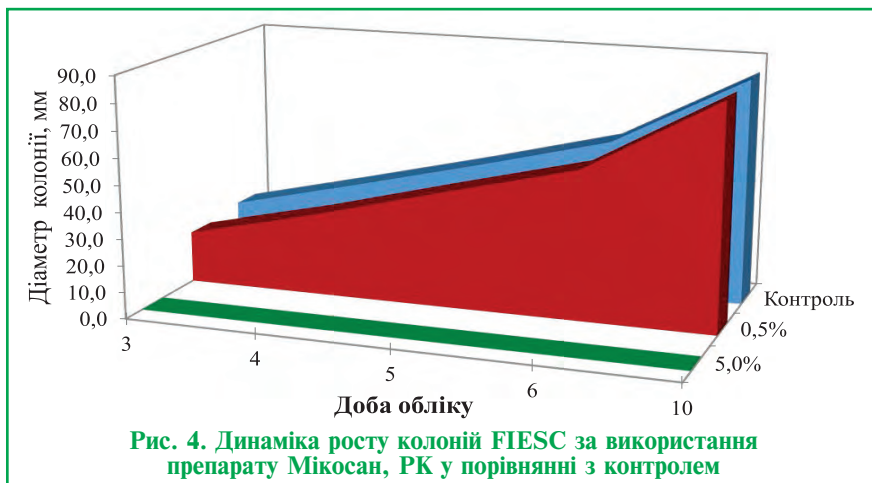
На відміну від ЛС-1, ВР препарат Мікосан, РК продемонстрував чітко виражений ефект залежності від концентрації. За концентрації 0,5% крива росту була паралельною до контрольної, але розташована нижче, що свідчить про помірний фунгістатичний ефект. Препарат Мікосан, РК за концентрації 5% забезпечував повне пригнічення росту. Графічно крива цього варіанта збігається з віссю абсцис, що свідчить про повне блокування росту міцелію (рис. 4).

Порівняльний аналіз підтвердив значно вищу ефективність препарату Мікосан, РК порівняно з ЛС-1, ВР щодо пригнічення росту *Fusarium incarnatum-equiseti* в умовах *in vitro*. ЛС-1, ВР не проявив статистично достовірної інгібуючої активності, тоді як Мікосан, РК продемонстрував чітко виражену дозозалежну фунгістатичну дію з повним пригніченням росту за концентрації 5%. У цьому випадку доцільно зауважити, що обраний препарат фактично має фунгіцидний ефект у даній концентрації.

Дослідження з *Neopestalotiopsis* sp.

Методом секвенування досліджуваний ізолят роду *Neopestalotiopsis* ідентифікували як тісно споріднений до виду *Neopestalotiopsis chrysea* (CRNC).

У процесі дослідження встановлено, що препарат ЛС-1, ВР проявляє помірну фунгістатичну активність щодо даного збудника в умовах *in vitro*.



На 3-тю добу відмінності від контролю були незначними. Починаючи з 4-ї доби спостерігалось статистично достовірне зниження діаметра колоній. На 10-ту добу різниця становила понад 5 мм порівняно з контролем. Графічно крива росту розташована нижче контрольної та демонструє поступове відставання (рис. 7).

У варіантах з концентрацією препарату 0,25% та 0,5% пригнічення було виражене практично однаково. Криві росту розташовані на одному рівні, що свідчить про відсутність концентраційного ефекту.

На відміну від FIESC, де ЛС-1, ВР був неефективним щодо CRNC, препарат продемонстрував наявність деякого фунгістатичного ефекту, який досягав максимуму на 6-ту добу, проте до 10-ї доби нівелювався (рис. 8). Одержані результати свідчать про вибіркочутливість різних грибів до дії препарату.

У дослідженні встановлено виражену фунгістатичну активність препарату Мікосан, РК щодо CRNC в умовах *in vitro*. У контрольному варіанті колонії гриба характеризувалися стабільним інтенсивним радіальним ростом. До 10-ї доби спостерігалось досягнення просторового ліміту росту (рис. 9, 10).

За концентрації 0,5% вже на 3-тю добу спостерігалось суттєве пригнічення росту — діаметр колоній був у 2—3 рази меншим за контроль. На 4—6-ту добу різниця досягала 25—30 мм, що свідчить про виражений лаг-період та порушення активної фази росту. До десятої доби ріст відновлювався і розмір колоній наближався до контрольного (рис. 11).

За концентрації препарату 5% міцеліальний ріст гриба був повністю відсутнім впродовж 10-ти діб спостереження. Тому слід зазначити, що Мікосан, РК має залежний від дози ефект та здатен спричиняти як фунгістатичну, так і фунгіцидну дію.

Отже, CRNC проявив відносну толерантність до препарату ЛС-1, ВР, але мав високу чутливість до біофунгіциду Мікосан,

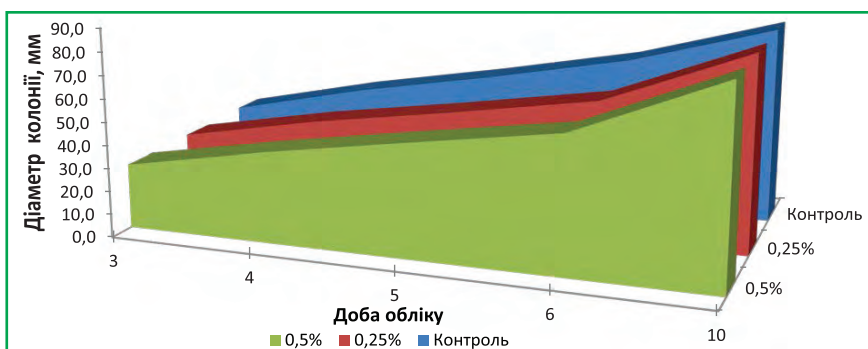


Рис. 7. Динаміка росту колоній CRNC за використання препарату ЛС-1, ВР у порівнянні з контролем

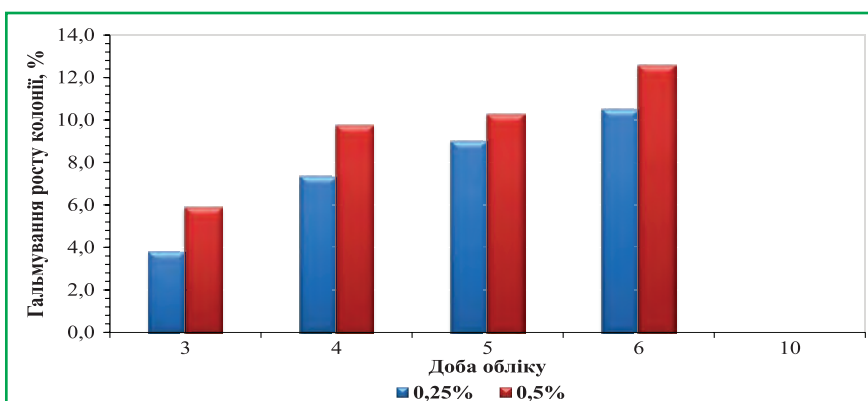


Рис. 8. Гальмування росту колоній CRNC за використання препарату ЛС-1, ВР

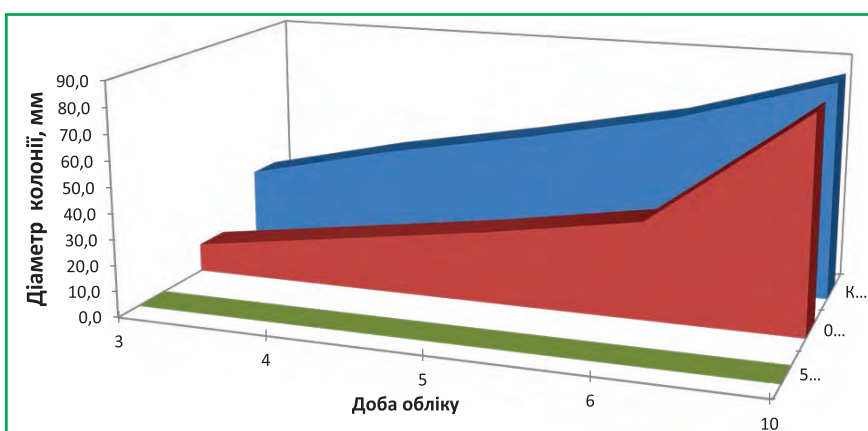


Рис. 9. Динаміка росту колоній CRNC при використанні препарату Мікосан, РК у порівнянні з контролем

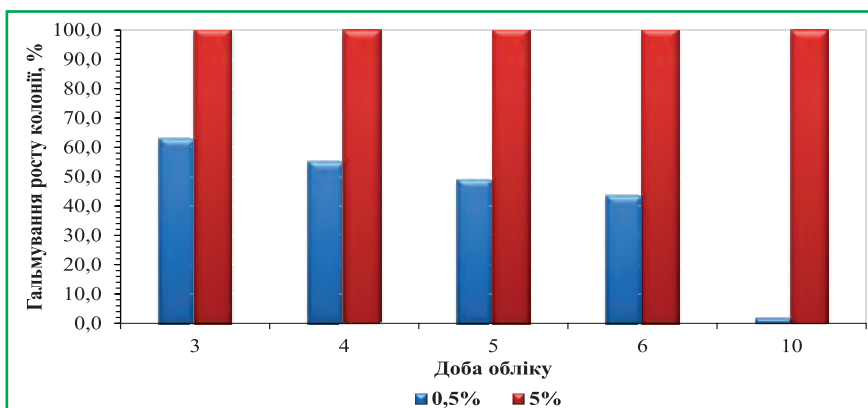


Рис. 10. Гальмування росту колоній CRNC за використання препарату Мікосан, РК

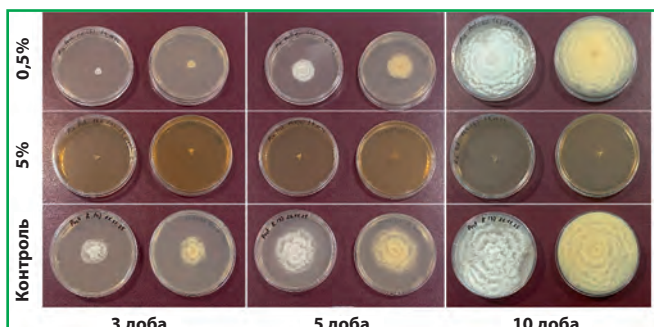


Рис. 11. Ріст колоній CRNC залежно від концентрації препарату Мікосан, РК в умовах *in vitro*

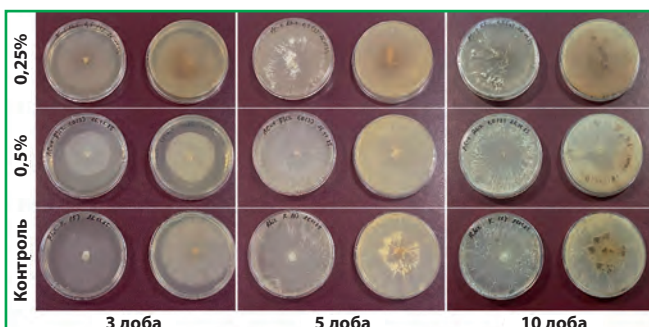


Рис. 13. Ріст колоній гриба *Rhizoctonia solani* залежно від концентрації препарату ЛС-1, ВР в умовах *in vitro*

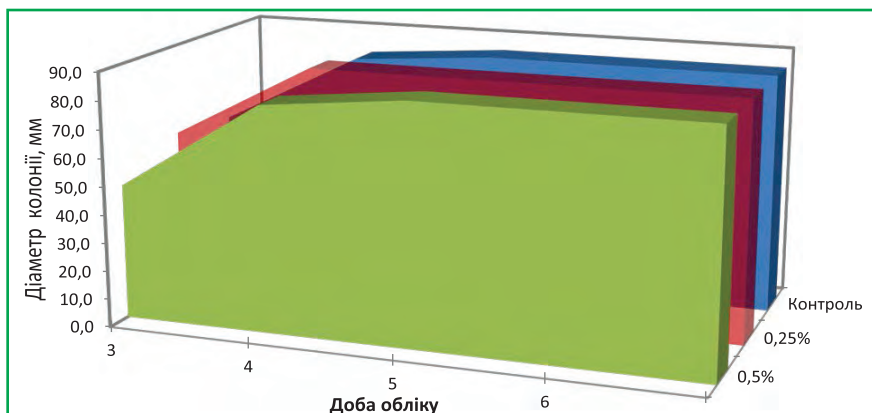


Рис. 12. Динаміка росту колонії *Rhizoctonia solani* за використання препарату ЛС-1, ВР у порівнянні з контролем

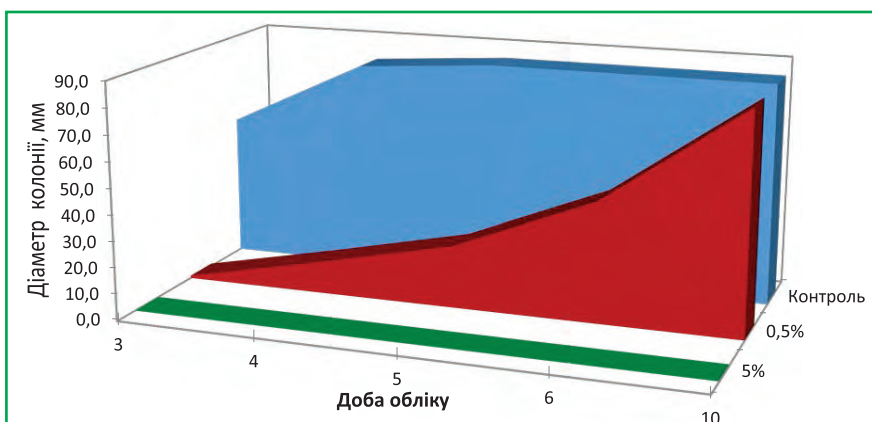


Рис. 14. Динаміка росту колонії *Rhizoctonia solani* за використання препарату Мікосан, РК у порівнянні з контролем

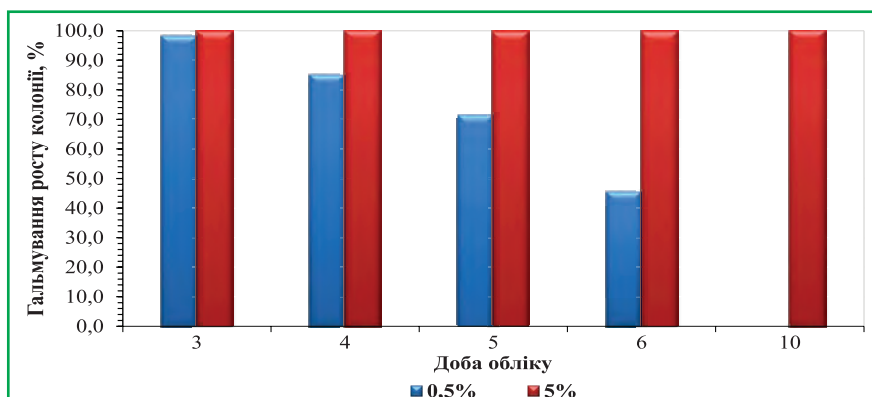


Рис. 15. Гальмування росту колонії *Rhizoctonia solani* за використання препарату Мікосан, РК

РК. Одержані дані свідчать про принципово різну ефективність досліджуваних препаратів. ЛС-1, ВР не змінює кінцеву колонізаційну здатність патогену, тоді як Мікосан, РК істотно порушує темп росту міцелію та при підвищеній концентрації повністю блокує його розвиток.

Дослідження з *Rhizoctonia solani*

У контрольному варіанті ізолят характеризувався дуже швидким ростом. Фактично вже на 4—5-ту добу колонії досягали максимального діаметра чашки Петрі, що свідчить про високу швидкість радіального росту (рис. 12, 13).

У варіанті з концентрацією 0,25% на 3-тю добу спостережень не було зафіксовано пригнічення розвитку збудника, показники радіального росту повністю збігалися з контролем. А на варіанті з більшою концентрацією (0,5%) на 3-тю добу спостерігається незначний показник гальмування (13—14%). На 4-ту добу різниця з контролем становить близько 1—2 мм. Починаючи з 5-ї доби — повне досягнення просторового ліміту росту. Тобто, препарат ЛС-1, ВР мав слабкий короточасний фунгістатичний ефект лише на початкових етапах та не впливав на кінцеву колонізаційну здатність гриба *Rhizoctonia solani*. Фактично гриб повністю компенсує початкове пригнічення.

Під час дослідження дії препарату Мікосан, РК у концентрації 0,5% спостерігається виражений лаг-період до 4—5-ої доби (рис. 14—16). Активна фаза росту зміщується майже на 2—3 доби порівняно з контролем. Проте

до 10-ї доби ріст повністю відновлюється. Щодо варіанту з концентрацією 5% відзначено повну відсутність росту колонії впродовж 10-ти діб спостереження.

Згідно з результатами дослідження росту колоній *Rhizoctonia solani* слід зазначити, що препарат ЛС-1, ВР не має суттєвої ефективності проти даного патогену. Мікосан, РК у концентрації 0,5% проявляє сильну, але тимчасову фунгістатичну дію, а за концентрації 5% встановлено високий фунгіцидний ефект. Чутливість *Rhizoctonia solani* до Мікосан, РК значно вища порівняно з ЛС-1, ВР.

ВИСНОВКИ

Встановлено загальні закономірності росту фітопатогенних грибів родів *Fusarium*, *Neopestalotiopsis*, *Rhizoctonia* в умовах *in vitro*. *Rhizoctonia solani* характеризувався найвищою швидкістю росту, досягаючи максимального діаметра вже на 4–5-ту добу.

Встановлено, що препарат ЛС-1, ВР характеризується слабкою фунгістатичною активністю щодо досліджених збудників. Його дія обмежується початковими етапами росту (3–6-та доба) і не впливає на кінцевий діаметр колоній. Чутливість патогенів до препарату є низькою. Фунгіцидного ефекту в жодній із досліджених концентрацій не виявлено.

Препарат Мікосан, РК проявляє виражену дозозалежну дію. У концентрації 0,5% він забезпечує фунгістатичний ефект, що супроводжується істотним зниженням швидкості радіального росту та подовженням лаг-фази розвитку на 2–3 доби. У концентрації 5% встановлено повний фунгіцидний ефект щодо всіх досліджених збудників.

Найвищу чутливість до препарату Мікосан, РК виявлено у *R. solani*: уже на 3-тю добу рівень інгібування досягав максимальних значень, а за підвищеної концентрації спостерігалось повне пригнічення розвитку міцелію.

Порівняльний аналіз засвід-

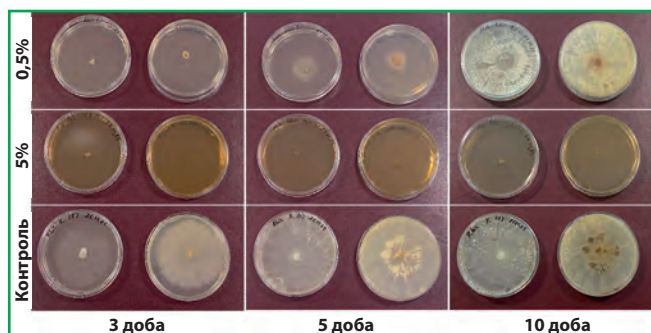


Рис. 16. Ріст колоній *Rhizoctonia solani* залежно від концентрації препарату Мікосан, РК в умовах *in vitro*

чив суттєву перевагу препарату Мікосан, РК над ЛС-1, ВР за рівнем інгібування росту колоній досліджених фітопатогенних грибів. Отримані результати обґрунтовують доцільність використання препарату Мікосан, РК як перспективного засобу біологічного контролю грибних патогенів.

Фінансування. Дослідження виконували в рамках ПНД 18 «Захист рослин», завдання 18.01.01.08.П Основні мікози лохини високорослої та заходи обмеження їх розвитку (ДР №0126U000927).

Використання штучного інтелекту. Автори статті підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

*D.S. Zlenko,
ORCID: 0009-0007-1450-5308

O.H. Afanasieva,
PhD, ORCID: 0000-0002-2724-2080

Institute of Plant Protection of the NAAS
33, Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

*E-mail: phytoppi@ukr.net

Evaluation of the fungistatic activity of biopreparations against the main pathogens of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)

Goal. To evaluate the fungistatic activity of the preparations LS-1, WS (silver lactate, 1 g/l silver) and Mikosan, LC (alkaline extract of the aphyllophorous fungus *Fomes fomentarius*, 30 g/l + glucans, 6 g/l) against fungal pathogens of the genera *Neopestalotiopsis*, *Fusarium* and *Rhizoctonia* under *in vitro* conditions. To analyse the dynamics of radial

mycelial growth and to determine the dose-dependent effect. **Methods.** The studies were conducted under laboratory conditions. The 'poisoned medium' method was used to assess the fungistatic activity of the preparations LS-1, WS and Mikosan, LC. Pathogen isolates belonging to the genera *Neopestalotiopsis*, *Fusarium* and *Rhizoctonia*, isolated from blueberry plant material, were studied. **Results and discussion.** It was found that LC-1, WS (at concentrations

of 0.25% and 0.5%) had low fungistatic activity, which was limited to the initial stages of cultivation (3–6 days). By day 10, the mycelium of all pathogens had fully recovered from the inhibition. The biofungicide Mikosan, LC demonstrated a clearly dose-dependent effect. At a concentration of 0.5%, a moderate fungistatic effect was observed against all the pathogens studied, whilst at a concentration of 5%, it ensured complete inhibition of mycelial growth throughout the entire observation period (10 days), demonstrating high fungicidal activity. The highest sensitivity to Mikosan, LC was observed in *R. solani*. The results obtained confirm a difference in fungistatic activity between the preparations: LS-1, WS has a weak effect, whilst Mikosan, LC demonstrates a pronounced dose-dependent fungistatic and fungicidal effect against various pathogens. **Conclusions.** It has been established that Mikosan, LC exhibits a pronounced dose-dependent effect. At a concentration of 0.5%, it exerts a fungistatic effect, accompanied by a significant reduction in the rate of radial growth and a prolongation of the lag phase of development by 2–3 days. At a concentration of 5%, a fungicidal effect was observed against all the pathogens studied. The results obtained provide scientific justification for the use of Mikosan, LC as a promising agent for the biological control of fungal pathogens.

biofungicides; fungistatic effect; pathogens; biological control; *Fusarium*; *Neopestalotiopsis*; *Rhizoctonia*

REFERENCES

1. Yareshchenko O., Pukshyn O., Grynyk I., Tereshchenko Y. (2025) Blueberry growing in Ukraine — development and trends. *Acta Horticulturae*, 1440, 407–412. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2025.1440.56>
2. Kalt W., Cassidy A., Howard L.R., Krikorian R., April J Stull, Tremblay F., Zamora-Ros R. (2020). Recent research on the health benefits of blueberries and their anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 11(2), 224–236. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>
3. Haralson J.C., Brannen P.M., Scherm H.

(2021). Survey of potential root pathogens in softwood cuttings collected from Georgia blueberry nurseries. *Plant Health Progress*, 23(1), 87–92. <https://doi.org/10.1094/PHP-06-21-0094-S>

4. Sneh B., Burpee L., Ogoshi A. (1991). *Identification of Rhizoctonia Species*. St. Paul: APS Press. 133 p.

5. Brent K.J., Hollomon D.W. (2007). Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed? Brussels: FRAC. 60 p.

6. Lucas J.A., Hawkins N.J., Fraaije B.A. (2015). The evolution of fungicide resistance. In: *Advances in Applied Microbiology*, 90, Elsevier, 29–92. <https://doi.org/10.1016/b.s.aambs.2014.09.001>

7. Prodanutti D., Pertot I., Giongo L., Gessler C. (2007). Highbush blueberry: Cultivation, protection, breeding and biotechnology. *The European journal of plant science and biotechnology*, 1(1), 44–56.

8. Percival D.C., Dawson J.K. (2008, July). Foliar disease impact and possible control strategies in wild blueberry production. *Acta Hort*, 810, 345–354. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.45>

9. EFSA (European Food Safety Authority), Carrasco Cabrera L., Di Piazza G., Dujardin B., Marchese E., Medina Pastor P. (2024). The 2022 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 22(4), e8753. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8753>

10. Abbey J., Percival D., Jaakola L., Asiedu S.K. (2024). Efficacy, persistence and residue levels of fungicides for Botrytis control in wild blueberry. *Crop Protection*, 179, 106633. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106633>

11. Migura V.V., Masyuk O.M. (2024). The influence of varietal characteristics of blueberry on the development of fungal diseases in the steppe zone of Ukraine. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 25, 98–110. <https://doi.org/10.15421/442510>

12. Cline W.O. (2014). New and emerging diseases of blueberry. *Acta Horticulturae*, 1017, 45–49. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.2>

13. Gosch C. (2006). Mummy berry disease (*Monilinia vaccinii-corymbosi*) on highbush blueberries in Europe. *Acta Horticulturae*, 715, 469–472. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.71>

14. Schilder A.M.C., Hanson E.J., Hancock J.F. (2006). An integrated approach to disease control in blueberries in Michigan. *Acta Horticulturae*, 715, 481–488. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.73>

15. Cook R.J., Baker K.F. (1983). *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. St. Paul: APS Press. 539 p.

16. Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. (2004). *Trichoderma* species — opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

17. Vinale F., Sivasithamparum K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo Sh.L., Lorito M. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry*, 40, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>

18. Lisova G., Golosna L., Afanasieva O., Lutsko A. (2015). Khvoroby lokhyny vysokoroslui (*Vaccinium corymbosum* L.) [Disease of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)]. *Quarantine and Plant Protection*, (1), 11–14. <https://kr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/42> (in Ukrainian).

19. Li J.Y., Harper J.K., Grant D.M., Tombe B.O., Bashyal B., Hess W.M., Strobel G.A. (2001). Ambuic acid, a highly functionalized cyclohexenone with antifungal activity from *Pestalotiopsis* spp. and *Monochaetia* sp. *Phytochemistry*, 56, (5), 463–468. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00408-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00408-8)

20. Maharachchikumbura S.S.N., Hyde K.D.,

Groenewald J.Z., Xu J., Crous P.W. (2014). *Pestalotiopsis* revisited. *Studies in Mycology*, 79, 121–186. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005>

21. Liu Y.H., Lin T., Ye C.S., Zhang C.Q. (2014). First Report of *Fusarium* Wilt in Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Caused by *Fusarium oxysporum*. *Plant Disease*, 98(8), 1158. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-14-0167-PDN>

22. Wright E.R., Rivera M.C., Campanella E.R., Farinon O.M., Berretta M.F., Perez B.A. (2014). *Fusarium* branch blight on highbush blueberry in Argentina. *African Journal of Biotechnology*, 13(51), 4628–4634. <https://doi.org/10.5897/AJB2014.14156>

23. Haralson J.C. (2013). Chemical control of *Cylindrocladium* and *Rhizoctonia* root rots in blueberry propagation. *Crop Protection*, 44, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.09.017>

24. Haralson J.C., Brannen P.M., Sanders W., Scherm H. (2023). Changes in production practices used for disease management in blueberry nurseries in Georgia, USA, over a 15 year period. *HortTechnology*, 33(3), 268–277. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH05154-22>

25. Hahn M. (2014). The rising threat of fungicide resistance in plant pathogenic fungi: Botrytis as a case study. *J Chem Biol.*, 7, 133–141. <https://doi.org/10.1007/s12154-014-0113-1>

26. Shevchuk O., Vlasova O., Shevchuk I., Stefkivska Y. (2023). Vyznachennia pokaznykiv toksychnosti pestytsydiv metodom probit-analizu. [Determination of pesticide toxicity parameters using probit-analysis]. *Quarantine and Plant Protection*, (2), 14–19. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.2.14-19> (in Ukrainian).

Надійшла: 06.06.2026

Прийнята до друку: 14.07.2026

Надруковано й опубліковано онлайн: вересень 2026

**КАРАНТИН
і ЗАХИСТ
РОСЛИН**

**Ми знаємо,
як зберегти врожай
без шкоди
для себе й довкілля**

Передплатний індекс — 74668